



**1º SIMPÓSIO
ENGENHARIA CIVIL
19.05.2021**

LIVRO DE ATAS



**1º SIMPÓSIO
ENGENHARIA CIVIL**
19.05.2021

Editores

Diogo Ribeiro

Maria da Fátima Portela

Maria Rosário Oliveira

Ricardo Santos

Teresa Neto

Aviso Legal

A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação. Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer outra forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor. A escrita segundo o novo acordo ortográfico foi opção livre dos autores.

Ficha Técnica

Título: 1º Simpósio Eng^a, Civil (SEC2021) Livro de Atas

Publicação: Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP-IPP)

Editores: Diogo Ribeiro, Maria da Fátima Portela, Maria Rosário Oliveira, Ricardo Santos, Teresa Neto

Design: ISEP - Gabinete de Design e Imagem

ISBN: 978-989-54758-8-9

Porto, maio de 2021

ÍNDICE

PREFÁCIO 14

ORGANIZAÇÃO 16

APOIOS 20

TEMA 01
ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS 22

TRANSIÇÕES URBANAS, UM CONTRIBUTO À DESCARBONIZAÇÃO
A. Andriolli, L. Silva

DESAFIO PARA A ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO DIMENSIONAMENTO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS
A. Sarmiento, L. Fernandes, M. Pereira, L. Silva, P. Barreto

AFERIÇÃO DA COTA DE INUNDAÇÃO PLÚVIO-MARÍTIMA, NUM CENÁRIO DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, POSSÍVEIS MEDIDAS DE ATENUAÇÃO. O CASO DE ESTUDO DA MADALENA DO MAR.
J. Gouveia, S. Lousada

TEMA 02
APLICAÇÕES EM GEOTECNIA 32

ESTUDO DO CARREGAMENTO UNIAXIAL DA AREIA DE COIMBRA DE JUSANTE EM CONDIÇÕES DE DEFORMAÇÃO RADIAL NULA
M. Fonseca, L. Santos, C. Rodrigues

CARACTERIZAÇÃO NO HCA DO COMPORTAMENTO DA AREIA DE HOSTUN
R. Ramos, L. Santos, P. Coelho

TEMA 03
CONSTRUÇÃO 4.0, DIGITALIZAÇÃO E METODOLOGIA BIM 36

APLICAÇÃO DE BIM 7D E REALIDADE AUMENTADA EM FACILITY MANAGEMENT
A. Pestana

BIM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO NAS AÇÕES DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS
C. Rangel, A. Guimarães, J. Poças Martins, A. Costa

BIM-BASED LCA OF SEISMIC STRENGTHENING SOLUTIONS FOR REINFORCED CONCRETE PRECAST BUILDINGS
C. Raposo, F. Rodrigues, H. Rodrigues

GESTÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO COM RECURSO AO BIM
E. Tavares

A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DA METODOLOGIA LEAN NA DIREÇÃO DE UMA OBRA
J. Quelhas

ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS DE ESPECIALIDADES COM RECURSO AO BIM
R. Simões, J. Hormigo

METODOLOGIA BIM APLICADA A GESTÃO DE ATIVOS
S. João, J. Hormigo, M.J. Falcão, P. Couto

APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL EM COORDENAÇÃO DE PROJETO DE ENGENHARIA CIVIL
L. Sousa, D. Ribeiro, R. Gavina

TEMA 04 ESTRUTURAS, SEGURANÇA E ENGENHARIA SÍSMICA

54

AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS NO CONTEXTO DA NP EN 1998-3:2017
B. Tomás, J. Estêvão

ESTUDO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA PONTE MILITAR
MABEY & JOHNSON - SOLUÇÕES PARA AUMENTAR A CAPACIDADE
DE CARGA E O COMPRIMENTO DE MONTAGEM
E. Osório, J. Pedro, P. Matias

STRUCTURAL DESIGN OF TRANSFER STRUCTURE
G. Ribeiro, J. Almeida, P. Lobo

AVALIAÇÃO SÍSMICA DE EDIFÍCIOS EXISTENTES SEGUNDO O EUROCÓDIGO 8 COM VISTA
À REABILITAÇÃO - SISTEMATIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS E APLICAÇÃO
L. Carvalho, A. Arêde, A. Furtado

FUNDAÇÕES INDIRETAS DE PONTES MODULARES
- SOLUÇÕES DE EXECUÇÃO ACELERADA
M. Passos, A. Pinto, A. André

AVALIAÇÃO DA COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA EM OBRA
- CASO DE ESTUDO
M. Souza, C. Oliveira, J. Ferreira da Silva

FLAT SLABS WITH DIFFERENT LONGITUDINAL REINFORCEMENT RATIOS
UNDER HORIZONTAL CYCLIC LOADING
M. Rossi, B. Isufi, A. Pinho Ramos

VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR PEÕES EM ESCADAS METÁLICAS
P. Andrade, J. Santos, P. Escórcio

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO SUJEITAS
A VIBRAÇÕES PROVOCADAS POR DESMONTE DO MACIÇO ROCHOSO
COM RECURSO A EXPLOSIVO
R. Fonseca, J. Gomes, J. Lemos, R. Resende

COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE BETÃO ECO-EFICIENTES
E DE ULTRA-ELEVADA DURABILIDADE
R. Martins, R. do Carmo, H. Costa, E. Júlio

COMPORTAMENTO DE FACHADAS ENVIDRAÇADAS SOB A AÇÃO
DE EXPLOSÕES - DESENVOLVIMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE PROTEÇÃO
R. Rita, J. Pedro, P. Matias

PROJETO DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES DE UM PAVILHÃO MULTIUSOS
R. Vasques, A. Gião

A SEGURANÇA NA OBRA DE REABILITAÇÃO DA PONTE DE CAVEZ SOBRE O RIO TÂMEGA
F. Meretti, C. Reis, J. Baptista

TEMA 05 GESTÃO DE ATIVOS E RISCO NA CONSTRUÇÃO

82

RISCOS DECORRENTES DO AMIANTO EM CONTEXTO DE TRABALHO
C. Pinto, C. Oliveira, J. Ferreira Silva

SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS - TÚNEL DE ADUÇÃO DE GOUVÃES
H. Ribeiro, C. Reis

GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NA OBRA DA MINA DE MATEUS
H. Cunha, C. Reis, T. Pinto

GESTÃO DE ATIVOS APLICADA A INFRAESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA
J. Soares, L. Ramos, J. Gabriel Silva

ESTUDO DOS ACIDENTES DE TRABALHO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL
P. Bastos

TEMA 06 INDUSTRIALIZAÇÃO E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS

94

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE LIGAÇÕES PILAR-PILAR EM BETÃO PRÉ-FABRICADO
D. Martins, V. Lúcio, S. Souza

RECONHECIMENTO DE PADRÕES ESTRUTURAIS E CONSTRUTIVOS
NAS PONTES DA CASA EIFFEL
N. Nunes, E. Figueiredo

TEMA 07
INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES
(RODOVIA, FERROVIA, PORTOS E AEROPORTOS)

100

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA INFRAESTRUTURA PEDONAL PARA PROMOÇÃO DA MOBILIDADE SUAVE EM CIDADES DE ENCOSTA
A. Nogueira, B. Santos, J. Gonçalves

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE COMBOIOS NA PONTE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE SOBRE O RIO VOLGA SOB AÇÃO DE VENTOS LATERAIS EXTREMOS
D. Barbosa, P. Montenegro, R. Calçada

CONTRIBUIÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO MACOPAV NA CONCEPÇÃO EXPEDITA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXÍVEIS
E. Ferreira, M. Minhoto

AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE PONTES EM BETÃO DA REDE VIÁRIA NACIONAL SUJEITAS AO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS MILITARES
E. Filipe, A. Costa, P. Matias

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE AUTORREGENERAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS COM REJUVENESCEDORES ENCAPSULADOS
G. Pereira, R. Micaelo, A. C. Freire

VALIDAÇÃO DE UM MÉTODO INDIRETO DE AUSCULTAÇÃO DE DEGRADAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS
I. Feitosa, B. Santos, P. Almeida

CONCEÇÃO DE REDES RODOVIÁRIAS EM ZONAS DE 30 KM/H
J. Ferreira, S. Gomes, S. Fontul

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MISTURAS BETUMINOSAS DO TIPO STONE MASTIC ASPHALT, INCORPORANDO FIBRAS CELULÓSICAS REVESTIDAS COM CERA POLIOLEFÍNICA
P. Salvador, L. Quaresma

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE MOBILIDADE EM AMBIENTES URBANOS
C. Lima, M. Minhoto, J. Vaz, F. Dácio de Almeida

SIMULAÇÃO DO GALGAMENTO EM QUEBRA-MARES UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO SWASH
J. Gomes, J. Santos

ANÁLISE ESTATÍSTICA DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS
N. Tomaz, C. Reis, J. Correia

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO DOS REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS NO SEU DESEMPENHO
L. Silva, H. Silva

TEMA 08
INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

126

CARATERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA NAS PROXIMIDADES DO QUEBRA-MAR NORTE DO PORTO DE PENICHE
A. Gomes, P. Coelho, J. A. Santos

QUANTIFICAÇÃO DA AFLUÊNCIA INDEVIDA DE ÁGUAS PLUVIAIS ÀS ETAR
D. Silva, C. Vieira, C. Matos, I. Bentes

AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM BASE NA GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS CASO DE ESTUDO DA QUINTA DO LAGO
J. Caetano, R. Lança

SISTEMAS VERDES DE DRENAGEM URBANA: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE CANTEIROS DE BIOFILTRAÇÃO
J. Oliveira

ANÁLISE DO RISCO DE CHEIAS NOS CONCELHOS DO FUNCHAL, MACHICO, RIBEIRA BRAVA E SÃO VICENTE - APLICAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO
L. Gonçalves, S. Lousada

IMPLEMENTATION OF PUMP-AS-TURBINES AS ENERGY RECOVERY SOLUTIONS WITHIN WATER DISTRIBUTION AND SUPPLY SYSTEMS
M. Perdigão

TEMA 09
INOVAÇÃO E TENDÊNCIAS FUTURAS

141

DESIGN OF S690 SLENDER PLATE I-GIRDERS UNDER COMBINED SHEAR, BENDING AND COMPRESSION
H. Afonso

CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA COM PROPÓSITOS SUSTENTÁVEIS-CASO DE ESTUDO
L. Pereira, P. Delgado, A. Curado

TOWARDS THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT OPTIMIZATION SYSTEMS FOR PROCESS MANAGEMENT IN PAVEMENT REHABILITATION
M. Amândio, J. Neves, M. Parente

LABORATORY TESTS ON STRUCTURAL GLASS SLABS: A COMPARATIVE STUDY WITH INTERNATIONAL STANDARDS
P. Bonilha, R. Camposinhos, A. Junior, D. Ribeiro

OBTENÇÃO DE CAUDAL ATRAVÉS DE TRATAMENTO DE IMAGEM
R. Santos, J. Fernandes

REFORÇO DE PONTES MODULARES DO TIPO BAILEY COM RECURSO A SISTEMAS DE PRÉ-ESFORÇO
T. Ramos, J. Almeida, A. André

TEMA 10
MONITORIZAÇÃO, INSPEÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO

154

TERMOGRAFIA RADIOMÉTRICA PARA DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES
A. Paz, E. Figueiredo

MEDIÇÃO DA DEFORMAÇÃO EM MATERIAIS METÁLICOS
ATRAVÉS DE SISTEMAS DE VISÃO
D. Valente, J. Valença, E. Cavaco

INSPEÇÃO DE FACHADAS COM RECURSO À TERMOGRAFIA
DE INFRAVERMELHOS - CASO DE ESTUDO EM VISEU
F. Cerveira, R. Almeida, J. Mendes Silva

INSPEÇÃO TÉCNICA DE CONSTRUÇÕES COM RECURSO A DRONES
CASOS DE ESTUDO
J. Miraldes, J. Lanzinha, J. Falorca

APPLICATION AND REMOVAL OF GRAFFITI ON ETICS:
INFLUENCE ON THEIR WATER TRANSPORT PROPERTIES
J. Feltes

MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS COM APOIO
DE TECNOLOGIA VÍDEO E VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO
R. Cabral, D. Ribeiro, R. Santos, J. Gabriel

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DAS DELEGACIAS DE POLÍCIA CIVIL
DA SECRETARIA DE ESTADO SEGURANÇA PÚBLICA EM SÃO LUÍS - MARANHÃO - BRASIL
V. Lopes, M. Leão

TEMA 11
PLANEAMENTO TERRITORIAL E URBANO

170

ANÁLISE DO RISCO DE CHEIAS NAS RIBEIRAS DO CONCELHO DO FUNCHA
- DO PLANEAMENTO À AÇÃO
A. Moura, S. Lousada

TEMA 12
QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

174

APLICAÇÃO DE MODELO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE NA HABITAÇÃO
T. Silva, J. Lanzinha

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO
E. Maia, T. Neto

ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO - EDIFÍCIO DE ENGENHARIA CIVIL
DA UNIVERSIDADE DO ALGARVE
F. Gonçalves, F. Farinha

EDIFÍCIO COM CONSUMO DE ENERGIAS NULAS. CASO ESTUDO
- "ECO-POWER ZERO RÉSIDENCE"
J. Rio, F. Farinha, E. Almeida

MODELOS COMPUTACIONAIS APLICADOS À PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DE ETICS
J. Tavares, J. Brito, A. Silva

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NA PERSPETIVA DA CERTIFICAÇÃO BREEAM
NA CONSTRUÇÃO - PROPOSTA DE METODOLOGIA
M. Rodrigues

INFRAESTRUTURAS VERDES - IMPACTOS EM MEIO URBANO
M. Martins

REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIO COM NECESSIDADES
DE ENERGIA NULAS OU QUASE NULAS - CASO DE ESTUDO
N. Pardal, José Coimbra

OTIMIZAÇÃO DE MODELOS PARAMÉTRICOS NA DETERMINAÇÃO
DA VULNERABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À POLUIÇÃO
R. Marques, F. Pacheco, L. Fernandes

DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO NO CONTEXTO DAS INFRAESTRUTURAS
E SUA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL - CASO DE ESTUDO EM CASTELO BRANCO
B. Patrocínio, A. Dias, T. Albuquerque, C. Santos

TEMA 13
REABILITAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO

198

MELHORIA DA QUALIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

A. Mendonça, A. Paiva, J. Mendes da Silva, C. Dominguez

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREDIAL EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS: CASO DE ESTUDO

A. Lima, A. Paiva

INSPEÇÃO E REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR DA DÉCADA DE 60 EM COVILHÃ

I. Marcelino, J. Lanzinha

INSPEÇÃO, AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PONTES METÁLICAS

M. Marques, F. Virtuoso, A. Gomes

GESTÃO DE OBRAS DE ARTE SOB TUTELA MUNICIPAL ESTUDO DE PONTES EM ALVENARIA DE UM MUNICÍPIO

M. Sousa, J. Almeida, C. Costa

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE TUBAGENS EM MATERIAL COMPÓSITO NA REABILITAÇÃO DE PASSAGENS HIDRÁULICAS E AGRÍCOLAS

M. Santos

ESCADARIA LIVRARIA LELLO - INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO ESTRUTURAL

N. Monteiro, A. Costa

USE OF WET-MIX SHOTCRETE IN THE REPAIR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES. CASE STUDY OF A REHABILITATION WORK IN A MARINE ENVIRONMENT

P. Fazenda

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DE UM ARCO EM ALVENARIA DE PEDRA UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS

P. Silva, C. Cismaşiu, J. Lemos

MASONRY ARCH STRENGTHENING WITH CFRP AND STAINLESS STEEL USING CONTINUOUS REINFORCEMENT EMBEDDED AT ENDS

R. Ribeiro, C. Chastre, H. Biscaia

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS - FLUXO DE MATERIAIS

R. Queirós

PATOLOGIAS DE EDIFÍCIOS TOMBADOS: REABILITAÇÃO DO CONVENTO DAS MERCÊS

W. Carvalho, J. Almeida

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO DE UMA HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR PELO MÉTODO DE FRIM

A. Pires, C. Santos

RENASCER O ADOBE EM TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

T. Ferreira, J. Pinto, C. Reis

TEMA 14
RECICLAGEM, VALORIZAÇÃO E NOVOS MATERIAIS

228

ECONOMIA CIRCULAR E ANÁLISE WATER PINCH APLICADAS A UM CASO DE ESTUDO DA INDÚSTRIA ALIMENTAR

A. Lima, T. Abreu, S. Figueiredo

RECICLAGEM TOTAL DE MISTURAS BETUMINOSAS USANDO ÓLEO ALIMENTAR USADO COMO REJUVENESCEDOR E RESÍDUOS DE PLÁSTICO

C. Rodrigues, S. Capitão, L. Picado-Santos

MAXIMISING THE USE OF WASTE IN CONSTRUCTION MATERIALS - INVESTIGATION ON RECYCLED BITUMINOUS MIXTURES WITH HIGH-CONTENT RECLAIMED ASPHALT

C. Santos, J. Neves, A. C. Freire, V. Antunes

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA CASCA DE PINHEIRO COMO AGREGADO EM ELEMENTOS DE BETÃO LEVE

C. Fernandes, J. Pinto, A. Briga-Sá

RECICLAGEM DE ESCÓRIA E CINZA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO PRESURSORES EM CIMENTOS ALCALINOS

L. Segadães, N. Cristelo

ADIÇÃO DE MATERIAL RECICLADO - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO BETÃO E DO SOLO-CIMENTO

B. Oliveira, S. Carronda, C. Santos

NANOCRISTAIS DE CELULOSE INSERIDOS NA COMPOSIÇÃO DA ARGAMASSA

I. Josué, C. Santos

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO BETÃO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

J. Baltazar, C. Santos

PROGRAMA DO EVENTO

246

PRÉMIOS ATRIBUÍDOS

247

APÊNDICE DE FOTOGRAFIAS

248

VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR PEÕES EM ESCADAS METÁLICAS

Pedro Andrade¹, José Santos², Patrícia Escórcio²

¹ Engenheiro Civil. Universidade da Madeira. pedromgandrade@gmail.com

² Departamento de Engenharia Civil e Geologia. Universidade da Madeira. jmmnsantos@uma.pt

Palavras-chave: Vibrações, escadas metálicas, métodos numéricos, pré-dimensionamento.

Código da Área Temática – 04

Apresentação oral

1. ENQUADRAMENTO TEMÁTICO – O dimensionamento de escadas metálicas leves, esbeltas e com longos vãos a cargas estáticas é relativamente conhecido e controlável, contudo, evitar a sua suscetibilidade a vibrações indesejáveis, é frequentemente um desafio complexo, sendo um tópico ainda em desenvolvimento [1-6]. As escadas apresentam dois tipos de comportamento dinâmico, em que as escadas de baixa frequência (EBF) respondem em ressonância e as escadas de elevada frequência (EEF) respondem impulsivamente. Adicionalmente, as vibrações podem ser globais, em que a escada move-se integralmente como um todo, ou locais, em que o comportamento dos degraus é praticamente independente do resto da escada, devido à reduzida rigidez de rotação na ligação entre estes dois elementos [1-3, 5]. A quantificação das vibrações induzidas por peões pode ser realizada através de diferentes métodos: *i*) funções de carga obtidas em plataformas de força (EPF), *ii*) Séries de Fourier (SF), *iii*) Análise *Steady-State* (ASS), *iv*) Avaliação Simplificada de Vibrações (ASV) e *v*) Impulso Efetivo (apenas aplicável em EEF) [1-6]. O efeito de grupo, apesar de consideravelmente superior ao efeito individual, é diretamente obtido apenas através de alguns dos métodos numéricos existentes (EPF e SF), sendo necessário recorrer a coeficientes de amplificação ao aplicar os restantes [6]. Na dissertação desenvolvida [7] pretendeu-se melhor compreender o fenómeno associado às vibrações de escadas metálicas flexíveis, com o intuito de disponibilizar aos projetistas ferramentas que impeçam futuras construções passíveis de um comportamento dinâmico inadequado. Neste sentido, foram estudadas duas escadas metálicas, ambas situadas em edifícios públicos na ilha da Madeira, Portugal, sendo que uma consistia em uma EBF (13,9Hz) e apresentava um fenómeno de vibrações globais, enquanto a outra consistia em uma EEF (24Hz), tendo um comportamento local.

2. APLICAÇÃO DE MÉTODOS NUMÉRICOS E PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE DEGRAUS – As duas escadas metálicas foram sujeitas a uma bateria de ensaios experimentais, procedendo-se primeiramente à sua identificação modal e posteriormente medindo-se as vibrações provocadas por um peão isolado e um grupo de peões, em subidas e descidas com diferentes frequências de passada. Após a sua realização, foram calculadas as vibrações através dos métodos numéricos referidos, sendo comparadas com as experimentais e com os limites admissíveis propostos por diferentes regulamentos e autores.

Na **Figura 1** encontra-se representado um exemplo das vibrações obtidas para a descida na escada EBF. Verificou-se que as vibrações experimentais medidas na referida escada eram claramente superiores aos limites propostos, tal evidenciando a relevância do dimensionamento deste tipo de estruturas fora da gama de frequências excitáveis pelos peões, evitando assim efeitos ressonantes. No que respeita aos diferentes métodos numéricos aplicados, observou-se que através dos métodos EPF e ASV foi possível, em geral, prever vibrações próximas das medidas experimentalmente. No sentido oposto, mediante a aplicação dos métodos SF e ASS, na maioria dos casos obtiveram-se vibrações sobrestimadas, sobretudo para 3,5Hz, em que excederam grandemente as vibrações experimentais, tendo-se demonstrado e fundamentado porque tal sucede.

Tendo em conta o nível vibrações observado em ambas as escadas metálicas, significativamente superior aos limites propostos, diferentes medidas de reforço foram propostas visando melhorar o seu comportamento em serviço e diminuir o desconforto dos peões [5-7].

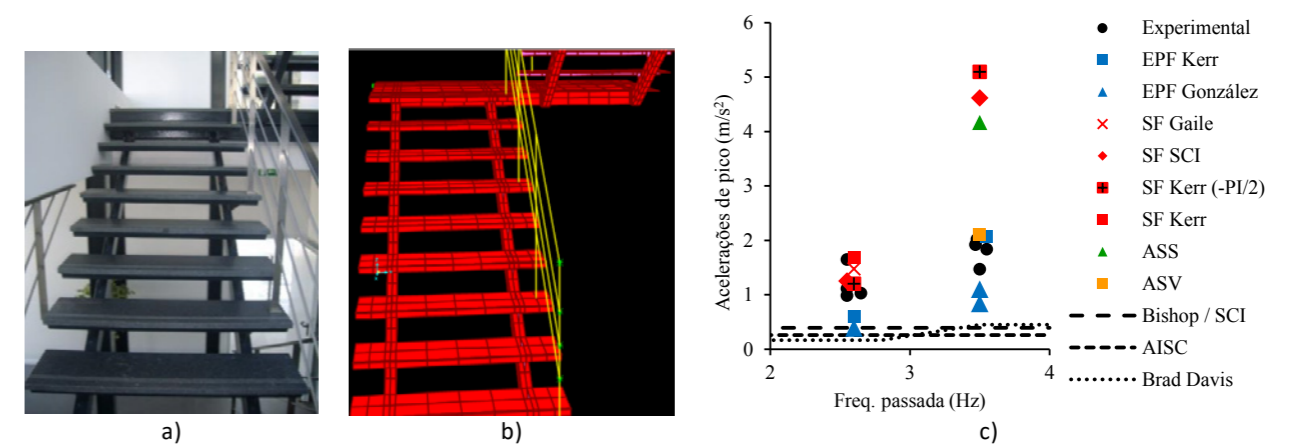


Figura 1. Vibrações globais: a) escada real; b) modelo em EF; c) comparação dos picos de aceleração.

Os degraus são normalmente elementos esbeltos e com massa reduzida, tendo tendência a originar vibrações impulsivas elevadas. De modo a ultrapassar uma limitação na bibliografia referente a este assunto, como resultado da análise da escada EEF, foi desenvolvido um método de pré-dimensionamento muito simples, que foi publicado na revista *Engineering Structures* [1].

3. CONCLUSÕES – Considerando o objetivo inicial deste trabalho, um procedimento de aplicação para cada um dos diferentes métodos numéricos foi proposto para ser utilizado numa fase de projeto, prevendo-se as suas principais limitações. Tendo-se, por exemplo, sugerido valores de coeficientes de ajustamento nos métodos com tendência a sobrestimar as vibrações [7]. Um novo valor foi também referido para a fronteira entre EBF e EEF, devido à atual inexistência para escadas, tal determinando o método a selecionar e, conseqüentemente, o procedimento de dimensionamento [1, 2]. Na aferição do efeito de grupo, sugere-se valores de coeficientes de amplificação num determinado intervalo, possibilitando a sua quantificação através dos métodos numéricos em que não se consegue diretamente [7].

Por último, deve-se realçar que o método de pré-dimensionamento desenvolvido poderá ser empregue em degraus com qualquer frequência fundamental, em qualquer material e comprimento de degraus entre 1 e 3 m, evitando também o surgimento de respostas em ressonância. Ao aplicar o mesmo na escada EEF, verificou-se que seria relativamente acessível impedir vibrações excessivas nos degraus e com custos reduzidos [1].

4. REFERÊNCIAS

- [1] Santos J, Andrade P, Escórcio P. Pre-design of laterally supported stair steps. *Engineering Structures*; Vol. 182. pp. 51-61, 2019.
- [2] Andrade P, Santos J, Escórcio P. Application of the Effective Impulse Approach to Stairs. *Procedia Structural Integrity*. Vol.5. p. 1318-25, 2017.
- [3] Andrade P, Santos J, Escórcio P. Numerical methods to predict vibration serviceability on high frequency stairs. *Journal of Physics: Conference Series* 1777 012061: 2021.
- [4] Andrade P, Santos J, Escórcio P. Direct Integration Methods versus Modal Superposition Method, on Predicting Staircases Vibrations. *Procedia Structural Integrity*. Vol.28. pp. 279-86, 2020.
- [5] Andrade P, Santos J, Maia L. Reinforcement Measures to Reduce the Human Induced Vibrations on Stair Steps - A Case Study. *Procedia Structural Integrity*. Vol. 5. pp. 1310-17, 2017.
- [6] Andrade P, Santos J, Maia L. Improvement of Staircases Vibration Serviceability to Human Ergonomics: A Case Study. *Procedia Structural Integrity*. Vol.28. pp. 287-94, 2020.
- [7] Andrade P. *Vibrações em Escadas Metálicas Induzidas por Peões*. MSc. thesis. Madeira, Portugal: University of Madeira; 2017.